



***Возобновляемые источники  
энергии  
Солнечная энергетика***

# Солнечная энергия

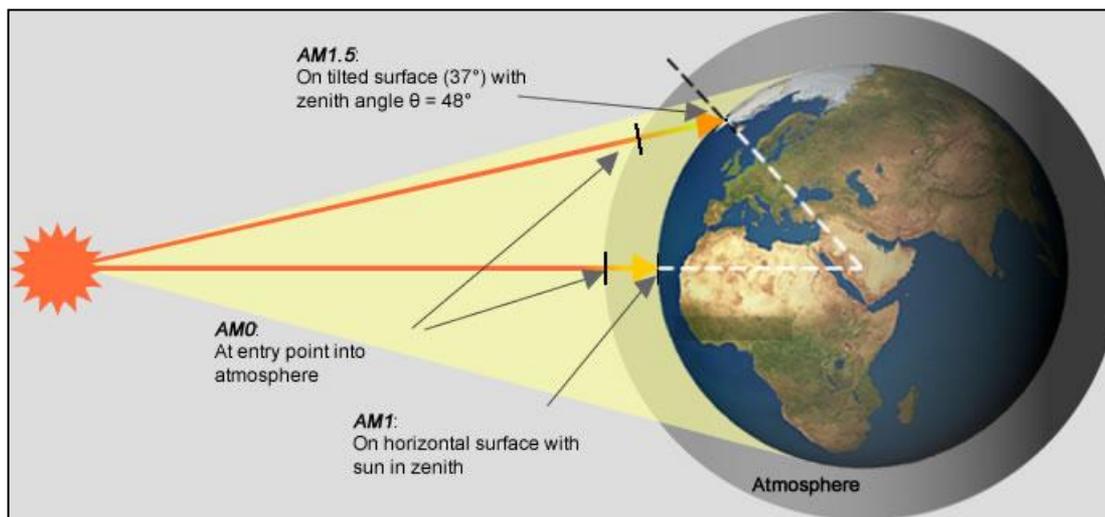
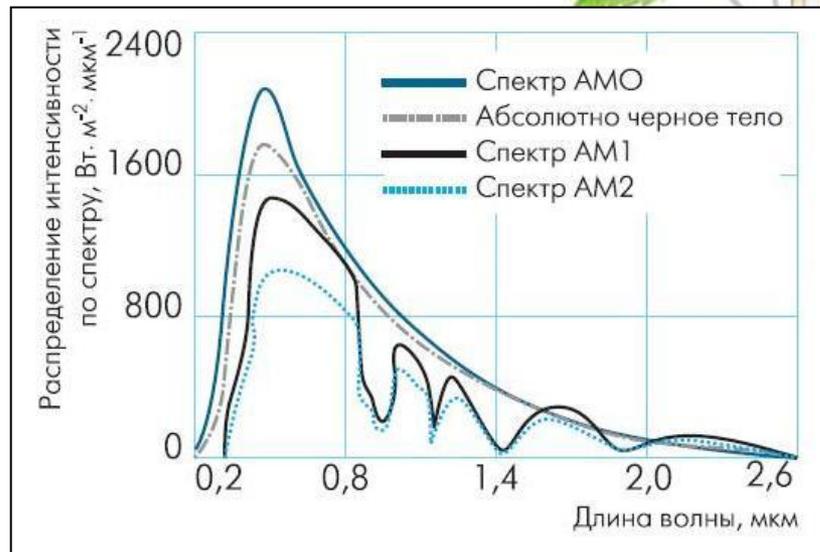


**Солнечная энергетика — направление нетрадиционной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемый источник энергии и является экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов.**

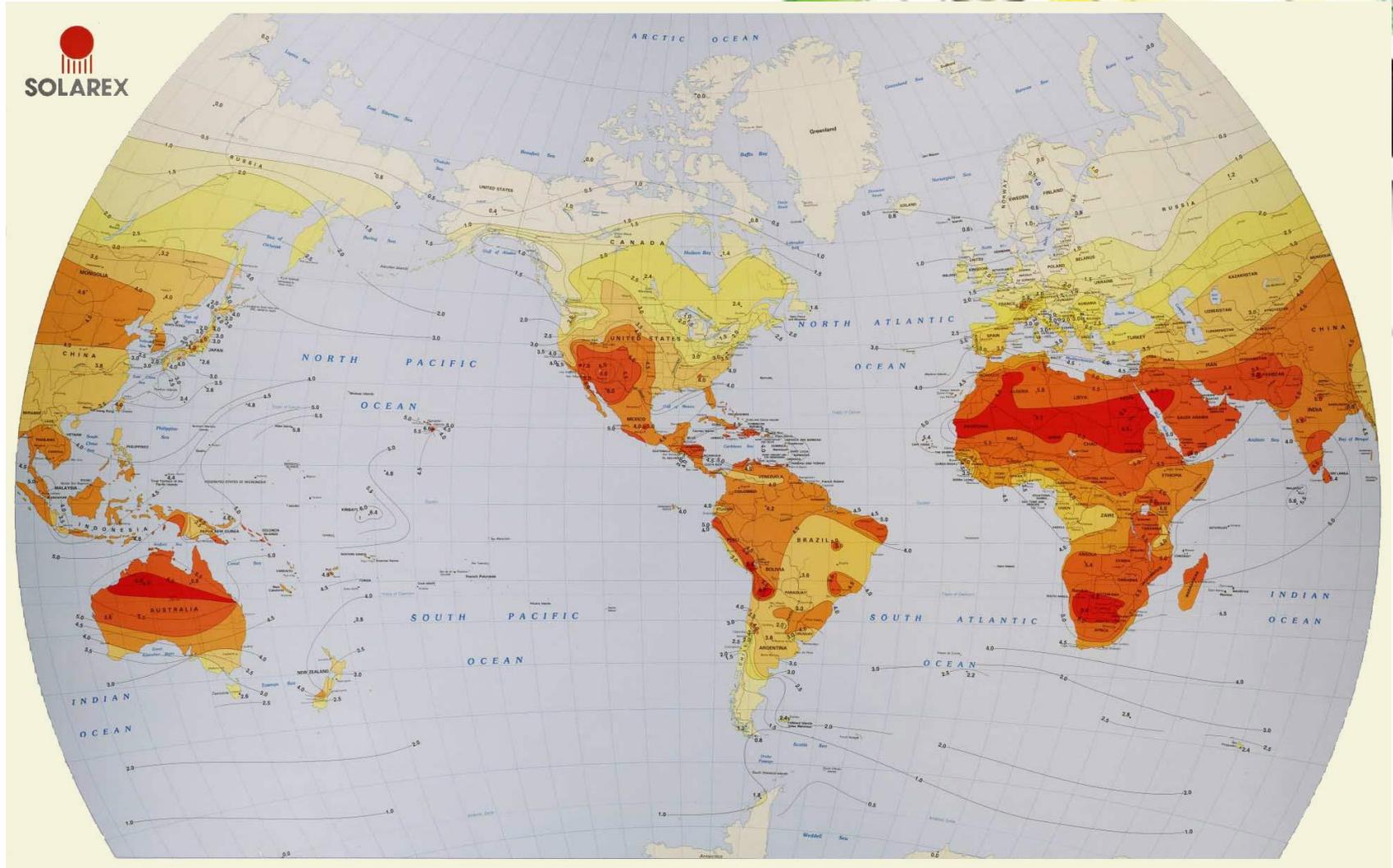
**Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (на входе в атмосферу Земли), равен  $1353 \text{ Вт/м}^2$  (солнечная постоянная). Из-за поглощения, при прохождении атмосферной массы Земли, максимальный поток солнечного излучения на уровне моря (на Экваторе) —  $1020 \text{ Вт/м}^2$ . Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную горизонтальную площадку как минимум в три раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше.**

**Возможная выработка энергии уменьшается из-за глобального затемнения — уменьшения потока солнечного излучения, достигающего до поверхности Земли.**

# Распределение интенсивности по спектру солнечного излучения



# Интенсивность солнечного излучения



# *Интенсивность солнечного излучения*

| Широта | Приход солнечного излучения на 1 метр <sup>2</sup> |
|--------|--|
| 70     | 1,9 кВт, час                                       |
| 60     | 2,58 кВт, час                                      |
| 50     | 3,33 кВт, час                                      |
| 40     | 3,9 кВт, час                                       |

**Зоны максимальной интенсивности солнечного излучения - на 1 квадратный метр поступает более 5 кВт.час. солнечной энергии в день. По южной границе России от Байкала до Владивостока, в районе Якутска, на юге Республики Тыва и Республики Бурятия, как это не странно, за Полярным Кругом в восточной части Северной Земли.**

# Карта интенсивности солнечного излучения на территории России



# Продолжительность солнечного сияния в год

Наибольшую интенсивность поток энергии имеет в мае, июне и июле. В этот период в средней полосе России на 1 кв. метр поверхности приходится 5 кВт.час в день. Наименьшая интенсивность в декабре-январе, когда 1 кв. метр поверхности приходится 0,7 кВт.час в день.

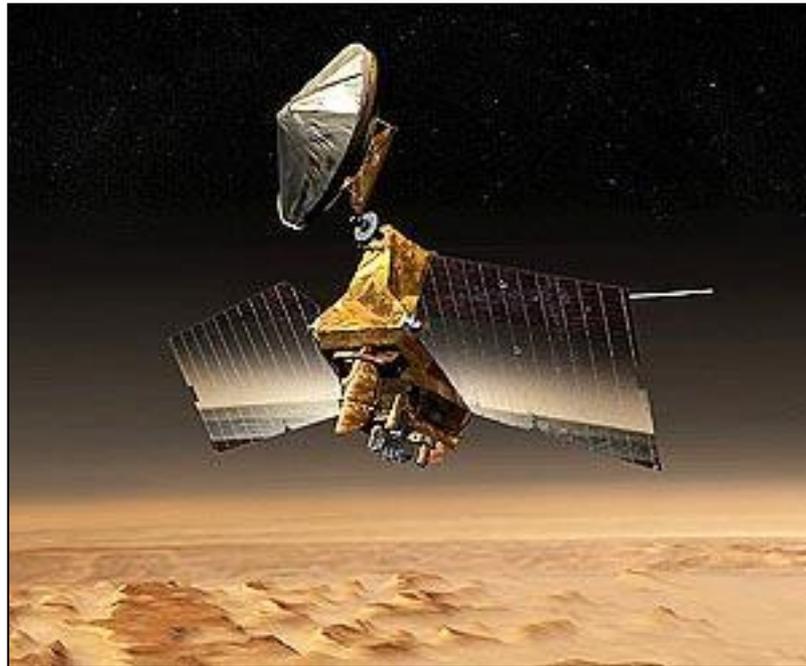


# *Способы получения электричества и тепла из солнечного излучения*



- **Получение электроэнергии с помощью фотоэлементов.**
- **Преобразование солнечной энергии в электричество с помощью тепловых машин: паровые машины (поршневые или турбинные), использующие водяной пар, углекислый газ, пропан-бутан, фреоны; двигатель Стирлинга и т. д.**
- **Гелиотермальная энергетика — нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи, и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на сосуде с водой для последующего использования нагретой воды в отоплении или в паровых электрогенераторах).**
- **Термовоздушные электростанции (преобразование солнечной энергии в энергию воздушного потока, направляемого на турбогенератор).**
- **Солнечные аэростатные электростанции (генерация водяного пара внутри баллона аэростата за счет нагрева солнечным излучением поверхности аэростата, покрытой селективно-поглощающим покрытием). Преимущество — запаса пара в баллоне достаточно для работы электростанции в темное время суток и в ненастную погоду.**

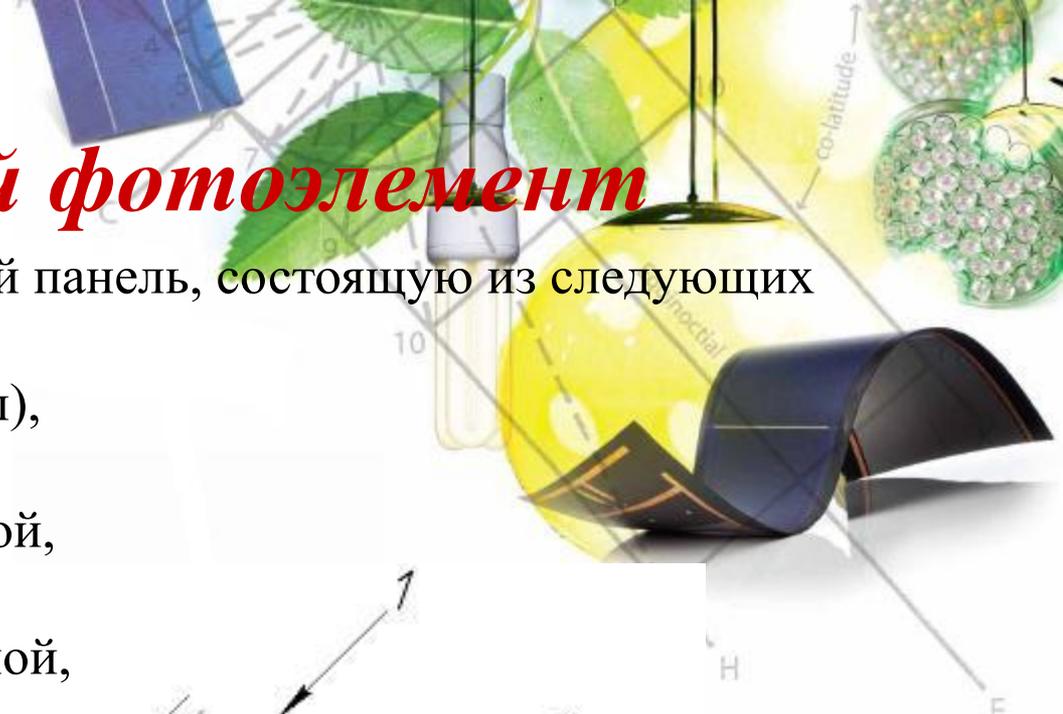
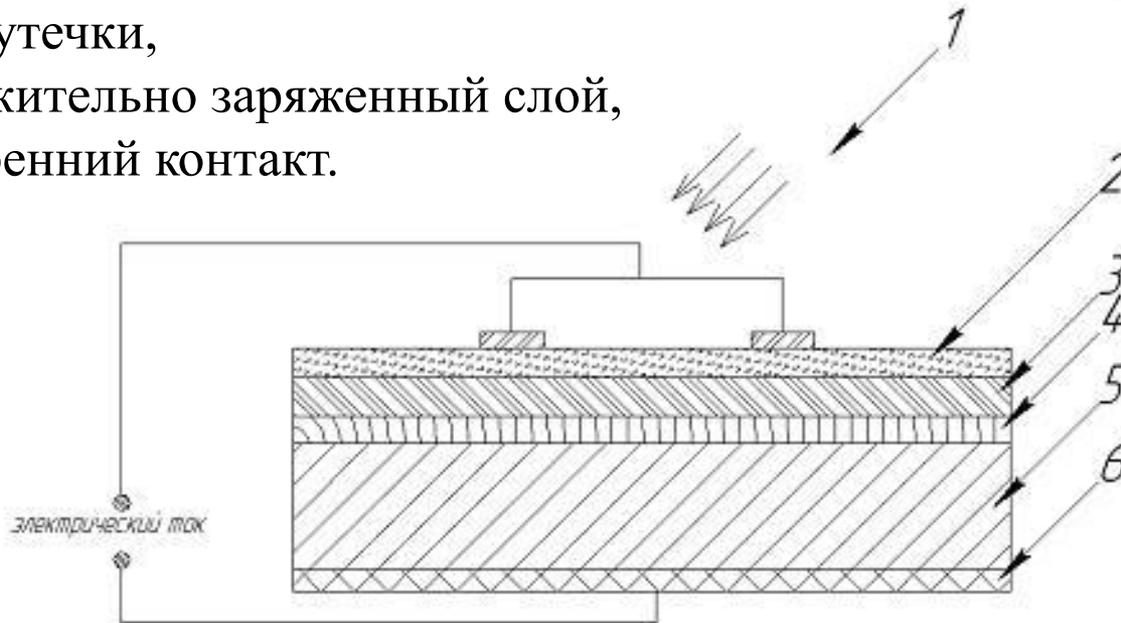
# Фотоэлектричество



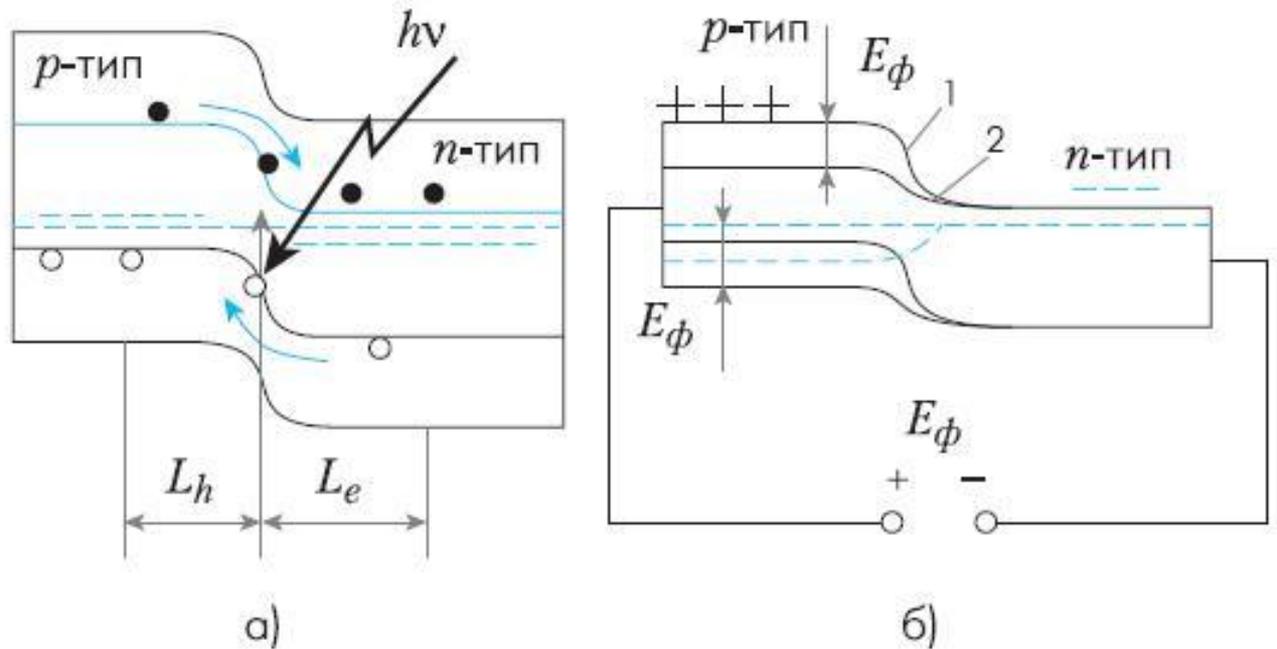
# Солнечный фотоэлемент

Фотоэлемент, представляет собой панель, состоящую из следующих частей:

- 1 - солнечное излучение (фотоны),
- 2 - наружный контакт,
- 3 - отрицательно заряженный слой,
- 4 - слой утечки,
- 5 - положительно заряженный слой,
- 6 - внутренний контакт.



# *Р - n переход в солнечном элементе*



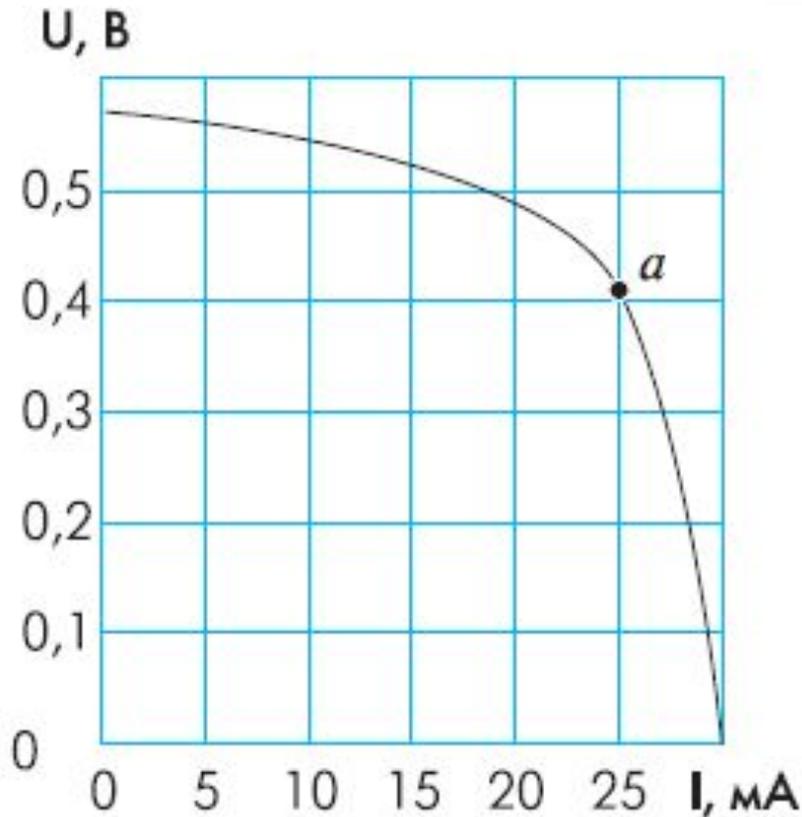
Зонная модель разомкнутого р-n-перехода:

а) - в начальный момент освещения;

б) - изменение зонной модели под действием постоянного освещения и возникновение фотоЭДС

# Вольт – амперная характеристика *p - n* перехода

Величина установившейся фото ЭДС при освещении перехода излучением постоянной интенсивности описывается уравнением вольт – амперной характеристики (ВАХ)



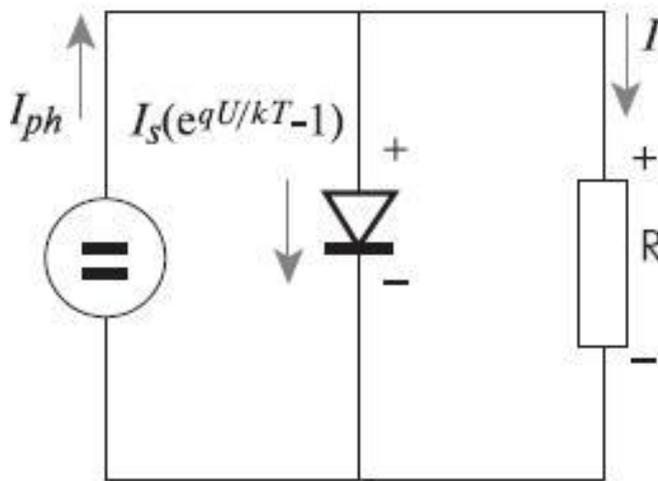
$$U = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{I_{ph} - I}{I_s} + 1 \right)$$

где  $I_s$  - ток насыщения, а  $I_{ph}$  - фототок

# Эквивалентная схема солнечного элемента

ВАХ поясняет эквивалентная схема фотоэлемента, включающая источник тока, где  $S$  - площадь фотоэлемента, а коэффициент собирания  $Q$  - безразмерный множитель ( $<1$ ), показывающий, какая доля всех созданных светом электронно-дырочных пар ( $SN_0$ ) собирается р-п-переходом.

Параллельно источнику тока включен р-п-переход. р-п-Переход шунтирует нагрузку, и при увеличении напряжения ток через него быстро возрастает. В нагрузку (сопротивление  $R$ ) отбирается ток  $I$ .



$$I_{ph} = sqN_0 Q$$

$$I_{p-n} = I_s \left[ e^{qU/kT} - 1 \right]$$

$$P = I_{ph} U = x I_{кз} U_{хх}$$

$x$  - коэффициент формы или коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики

# Основные параметры фотоэлемента

$$\eta_{\text{макс}} = \frac{\text{выходная мощность}}{\text{входная мощность}} = \frac{kU_{\text{хх}} I_{\text{кз}}}{\text{входная мощность}}$$

Написанное выражение относится к случаю, когда выходная мощность выражается в виде электрической энергии, где

$U_{\text{хх}}$  и  $I_{\text{кз}}$

представляют собой напряжение разомкнутой цепи (э. д. с.) и ток короткого замыкания. Коэффициент  $k$  лежит в пределах от 0,25 до 1 и зависит от выбора внешней нагрузки.

# *Виды солнечных фотоэлементов*

Все фотоэлектрические элементы представлены четырьмя поколениями:

Первое составляют монокристаллические кремниевые элементы, способные генерировать электрическую энергию от источника излучения, длина волны которого совпадает с таковой солнечного света. Элементы подобного типа – основная технология, применяемая в производстве коммерческих солнечных батарей: ей принадлежит 86% рынка земных фотоэлектрических элементов.

Второе поколение основано на использовании тонких эпитаксиальных полупроводниковых батарей. Существует два класса эпитаксиальных фотогальванических элементов: космические и земные. Космические эффективны на 28-30%, но стоимость одного ватта производимой ими энергии выше, чем у тонкопленочных конкурентов (земных фотоэлементов), однако беда последних – КПД, не превышающий 5-7%. Их использование в космических проектах пока кажется весьма сомнительным.

Ряд технологий и полупроводниковых материалов в настоящее время рассматриваются в плане эффективности их применения в создании солнечных элементов: аморфный кремний, микрокристаллический кремний, теллурид кадмия, а также создание тонких Ga-As-пленок для космической индустрии (с потенциальным КПД до 37%) - все это сейчас на стадии разработки. Фотоэлектрические элементы второго поколения занимают лишь малую часть рынка применяемых на Земле батарей, но примерно 90% космического принадлежит именно им.

# *Виды солнечных фотоэлементов*

Третье поколение фотогальванических элементов значительно отличается от предыдущих двух. Оно представлено квантовыми точками (фрагментами проводника или полупроводника, ограниченными по всем трём пространственным измерениям, содержащими электроны; они настолько малы, что осуществимы квантовые эффекты) и устройствами со встроенными углеродными нанотрубками. Их КПД, по мнению ученых, к моменту начала широкомасштабного производства достигнет 45%.

Данное поколение фотоэлектрических элементов помимо упомянутых включает еще и фотоэлектрохимические, нанокристаллические и полимерные солнечные батареи, применение которых будет осуществимо только на земной поверхности.

Все представители третьего поколения пока находятся на этапе разработки или испытаний.

Не существующее на данный момент четвертое поколение солнечных батарей предположительно будет представлено композитными фотогальваническими элементами, в которых будут сочетаться полимеры и наночастицы, образующие один монослой. В дальнейшем эти тонкие слои могут быть совмещены с образованием полноценных, более эффективных и экономичных солнечных батарей, что будет достигнуто за счет следующего эффекта, кстати, частично уже используемого NASA в проекте по исследованию Марса: первым слоем фотоэлемента будет тот, что превращает в электроток разные типы света, вторым – преобразующий в электроэнергию свет прошедший и не уловившийся в первом, а последний предназначен для инфракрасных лучей. Таким образом будет достигнуто использование почти полного спектра улавливаемого излучения.

# Виды солнечных фотоэлементов

На основе кремния

кристаллический кремний КПД 16 %

поликристаллический кремний КПД 25 %

аморфный кремний КПД 20 %

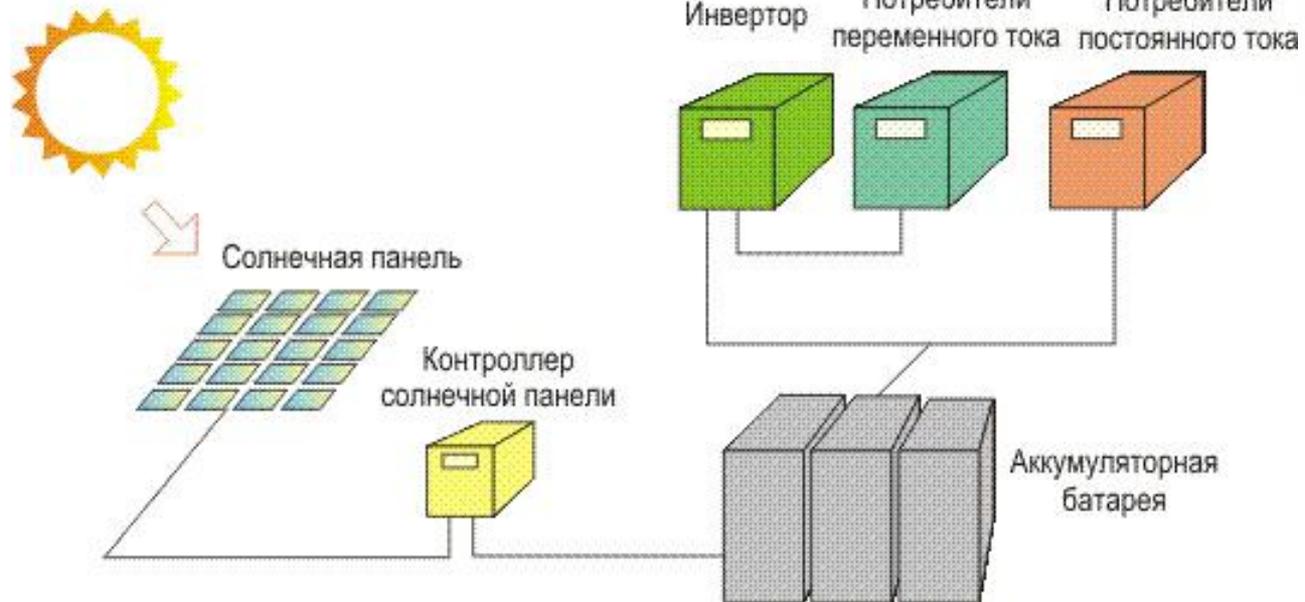
На основе других полупроводниковых материалов

тонкие пленки из нитрида индия КПД 30%

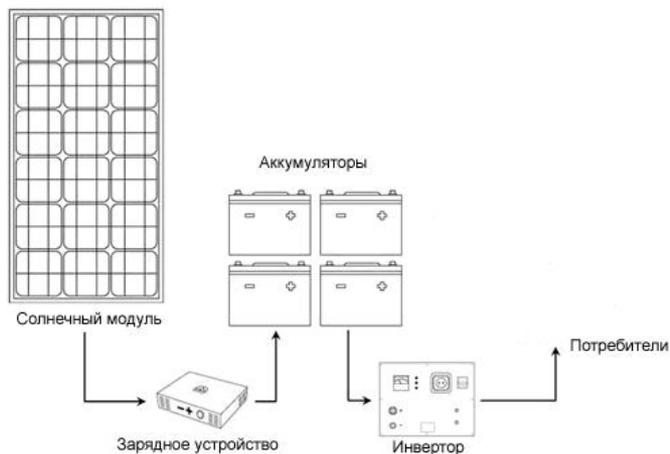
мультибатареи КПД 41,1 %

и др.

# Солнечная электростанция состоит из:



# Схемы работы солнечной электростанции



*Автономное обеспечение объекта (с аккумуляторами).*

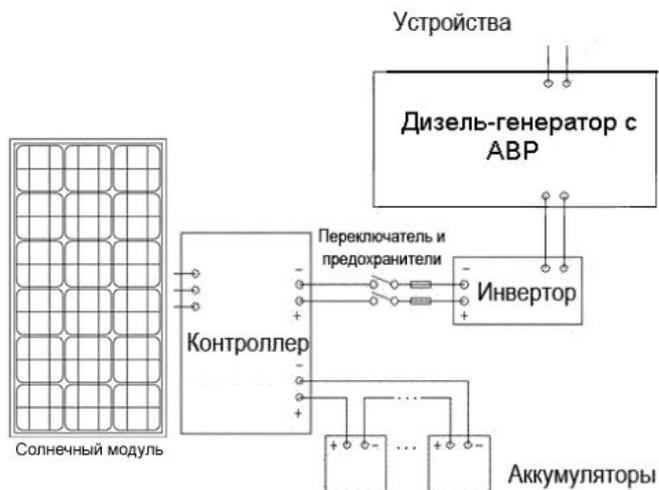
Объект питается только от солнечных батарей.



*Солнечная батарея (с аккумуляторами) и коммутация с сетью.*

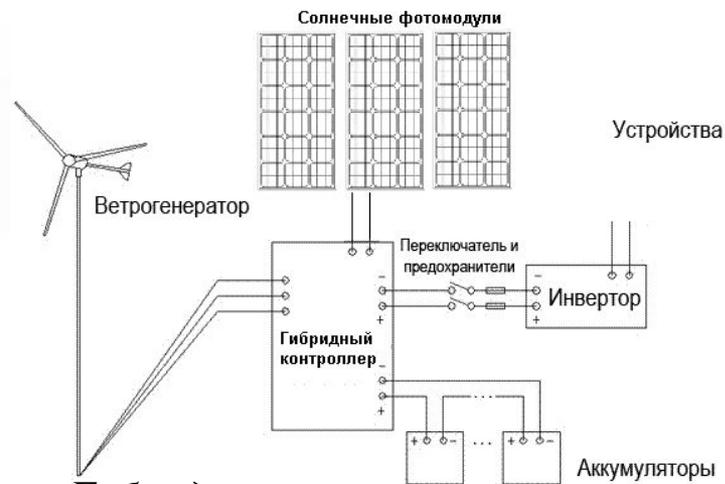
АВР позволяет переключить питание объекта при отсутствии солнца и полном разряде аккумуляторов на электросеть. Эта же схема может использоваться и наоборот – солнечная батарея, как резервный источник питания. В этом случае АВР переключает вас на аккумуляторные батареи при потере питания от электросети.

# Схемы работы солнечной электростанции



***Солнечная батарея (с аккумуляторами) и резервный дизель-(бензо-)генератор.***

В случае отсутствия солнца и разряде аккумуляторных батарей происходит автоматический запуск резервного генератора с подзарядкой аккумуляторной станции.



***Гибридная автономная система – солнце-ветер***

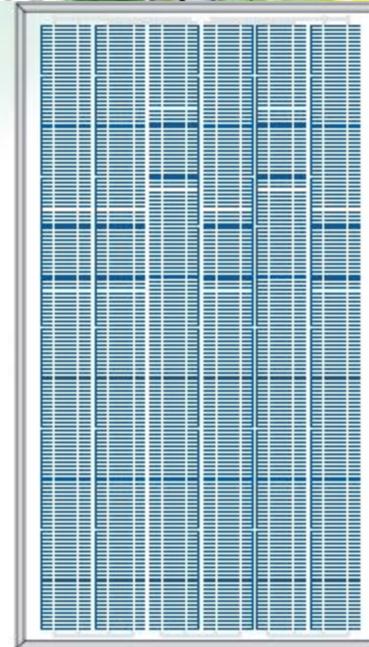
Возможно подключение ветрогенератора к системе солнечной электростанции через гибридный контроллер или с помощью отдельного контроллера для ветроустановок.

# *Передвижная система управления и контроля на солнечных батареях*



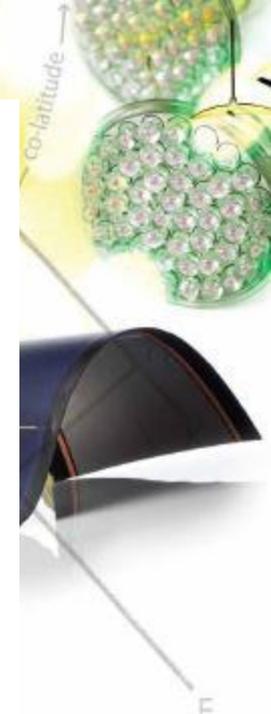
# ET MODULE Poly

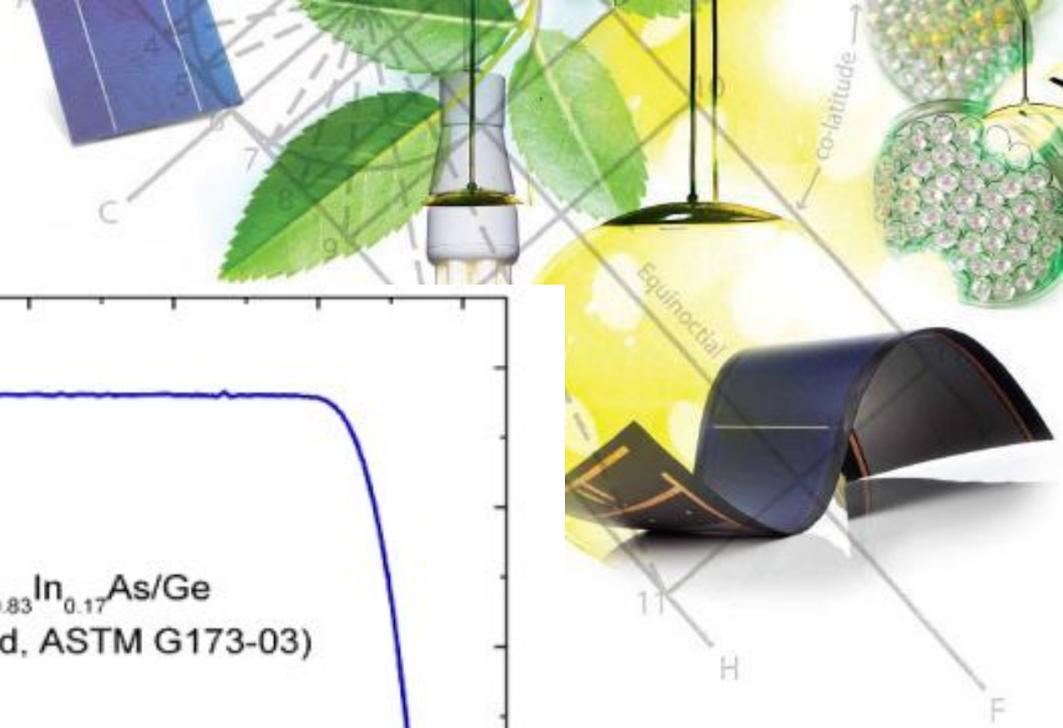
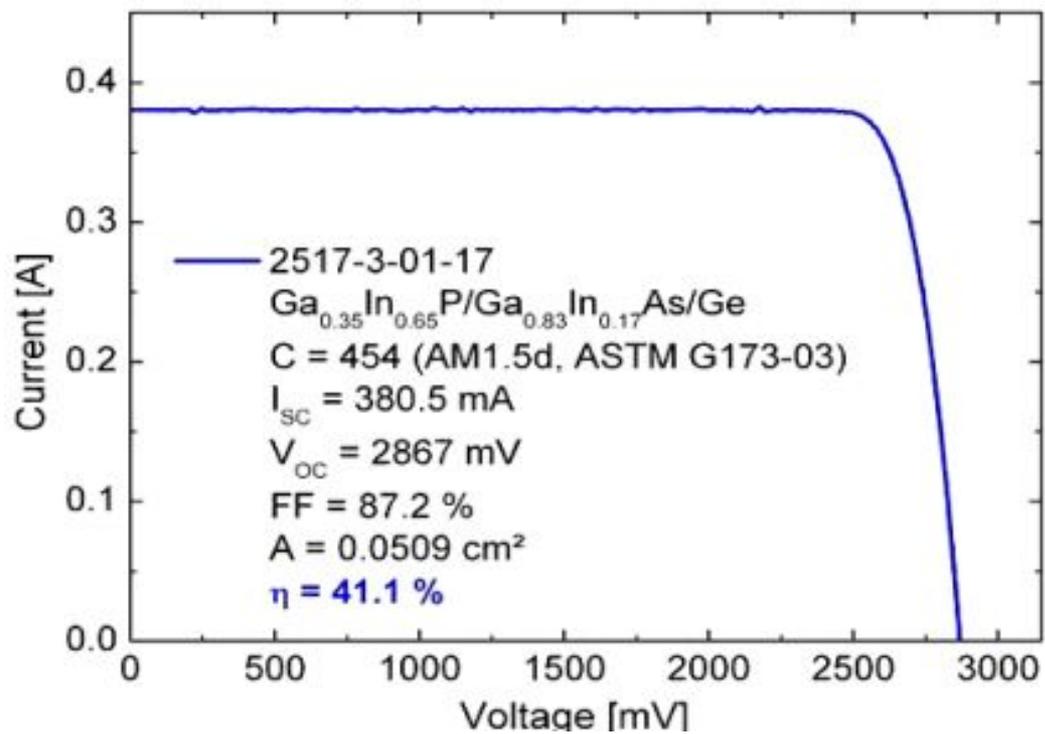
ET-P672280 280Wp  
 ET-P672275 275Wp  
 ET-P672270 270Wp  
 ET-P672265 265Wp  
 ET-P672260 260Wp  
 ET-P672255 255Wp



## SPECIFICATIONS

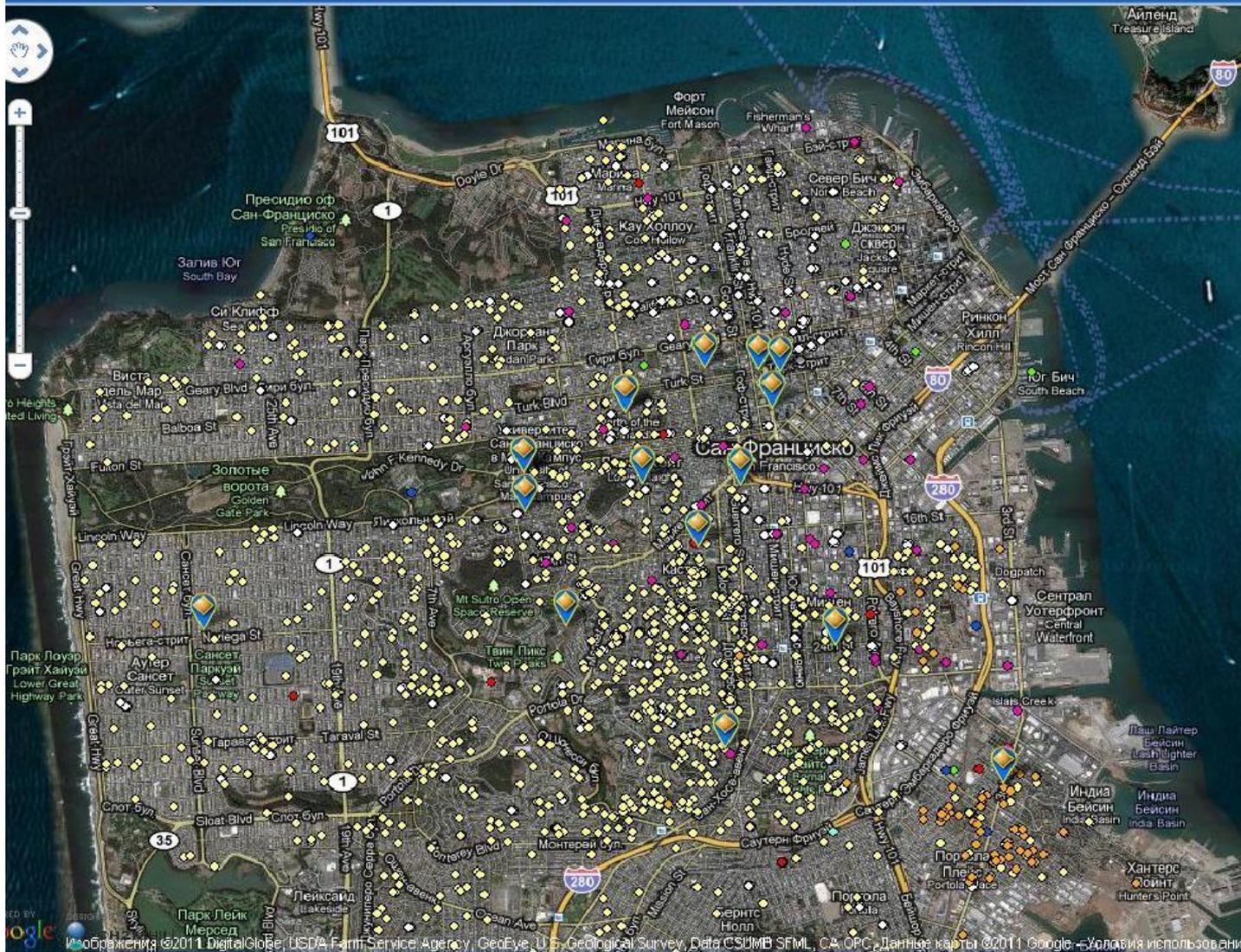
| Model type                     | ET-P672280                         | ET-P672275 | ET-P672270 | ET-P672265 | ET-P672260 | ET-P672255 |
|--------------------------------|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Peak power (Pmax)              | 280W                               | 275W       | 270W       | 265W       | 260W       | 255W       |
| Cell type                      | 156mm x 156mm                      |            |            |            |            |            |
| Number of cells                | 72 cells in series                 |            |            |            |            |            |
| Weight                         | 22.86 kg (50.4 lbs)                |            |            |            |            |            |
| Dimensions                     | 1956x992x50 mm (77x39.1x1.97 inch) |            |            |            |            |            |
| Cell Efficiency                | 16.47%                             | 16.18%     | 15.89%     | 15.59%     | 15.30%     | 15.00%     |
| Module Efficiency              | 14.43%                             | 14.17%     | 13.92%     | 13.66%     | 13.40%     | 12.14%     |
| Maximum power voltage (Vmp)    | 36.72V                             | 36.72V     | 36.40V     | 36.40V     | 36.00V     | 35.20V     |
| Maximum power current (Imp)    | 7.63A                              | 7.49A      | 7.42A      | 7.28A      | 7.23A      | 7.23A      |
| Open circuit voltage (Voc)     | 43.78V                             | 43.78V     | 43.63V     | 43.63V     | 43.49V     | 43.88V     |
| Short circuit current (Isc)    | 7.98A                              | 7.96A      | 7.90A      | 7.90A      | 7.79A      | 7.85A      |
| Power Tolerance                | -1 to +3%                          |            |            |            |            |            |
| Maximum system voltage         | DC 600V                            |            |            |            |            |            |
| Temp. Coeff. of Isc (TK Isc)   | 0.065 %/°C                         |            |            |            |            |            |
| Temp. Coeff. of Voc (TK Voc)   | -0.346 %/°C                        |            |            |            |            |            |
| Temp. Coeff. of Pmax (TK Pmax) | -0.46 %/°C                         |            |            |            |            |            |





Reset Map ◀ Back

Map | Satellite | Hybrid



Welcome

Legend

### Markers

#### Solar Installations

- Municipal
- Commercial
- Non-profits
- Environmental Justice Program
- Case Study
- Residential
- Schools/libraries
- Monitoring stations
- Solar Hot Water

Don't see your solar installation on the map?

### What Can Solar Do For You?

Enter your address

(ex. 11 Grove Street or 11 Grove St)

get my info

### SF Solar News

- Find out how you can get money from the City to install solar here.
- State Rebates for Solar Water Heating Systems Now Available
- Update on GreenFinanceSF PACE financing program
- San Francisco 5 MW Solar Project In Progress
- New EcoCenter at Heron's Head Park Includes Off-Grid Solar System
- CleanPowerSF CCA program will increase SF solar generation

### SF Solar Facts

- PV systems installed: 2,043
- Total CEC-AC capacity: 9.2 MW
- Estimated Energy produced: 13,437 MWh/yr
- Estimated Annual savings: \$2,213,611
- Estimated Annual CO2 reduction: 4,036 tonnes



updated 9/13/12

### SF Solar Resources

- Benefits of Solar Electricity
- Solar Water Heating Basics
- Solar Rebates, Tax Credits & Other Incentives